

## Desarrollo de Sistemas de Apoyo para la Toma de Decisiones en Procesos Productivos

Enrique E. Tarifa, Sergio L. Martínez, Susana A. Chalabe  
Facultad de Ingeniería / Universidad Nacional de Jujuy / CONICET  
Av. Italia y Av. Martiarena / S. S. de Jujuy / Provincia de Jujuy/Tel. 0388-4221591  
eetarifa@fi.unju.edu.ar, smartinez@fi.unju.edu.ar, susana.chalabe@gmail.com

### Resumen

La complejidad creciente de los escenarios planteados por la globalización, la competencia, los avances tecnológicos, los problemas ambientales y sociales, entre otros, requieren de herramientas especializadas que ayuden a tomar decisiones.

Los procesos tecnológicos y productivos requieren tomar decisiones inmediatas y efectivas. Independientemente del área particular de aplicación, las decisiones se toman ejecutando las siguientes etapas: 1) Identificación y análisis del problema; 2) Identificación de los criterios; 3) Asignación de peso a los criterios; 4) Generación de alternativas; 5) Evaluación de las alternativas; 6) Selección de la mejor alternativa; 7) Implementación de la decisión; 8) Evaluación de los resultados.

Debido a esta independencia, es posible y conveniente el esfuerzo coordinado entre grupos multidisciplinarios, dejando luego a cada grupo el desarrollo de los aspectos particulares del sistema.

Este proyecto está orientado al desarrollo de sistemas de apoyo para la toma de decisiones en procesos productivos y cuenta con el trabajo coordinado de tres grupos de investigadores; uno especialista en Ingeniería de Procesos y en Tecnología de Alimentos, otro especialista en Gestión de Cuencas Hidrográficas, y otro especialista en Informática.

Los destinatarios de los sistemas a desarrollar son las personas a cargo de procesos productivos vinculados a la industria química, a la industria de alimentos y a cuencas hidrográficas.

**Palabras clave:** Toma de decisiones, simulación, optimización, inteligencia artificial, teoría de juegos, ingeniería de procesos, tecnología de alimentos, gestión de cuencas hidrográficas.

### Contexto

El presente proyecto se enmarca en el plan de Proyectos de Innovación Científica y Tecnológica Orientados de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Este proyecto se identifica como PICTO-2008-00154 categoría 1-A, y es financiado por la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) y la Universidad Nacional de Jujuy (UNJu).

El proyecto se inscribe en el Área Prioritaria N° 1: “Desarrollo Económico–Social Regional Sustentable”, y comprende cuatro áreas disciplinarias, a saber: 1) Ingeniería de Procesos, 2) Tecnología de Alimentos, 3) Gestión de Cuencas Hidrográficas y 4) Informática.

En tal contexto, el proyecto se organiza en base a tres subproyectos para sustentar las áreas disciplinares mencionadas que comprende:

- Áreas disciplinares 1 y 2 – subproyecto N° 1 “Optimización del diseño, la operación y la gestión de procesos productivos”. Dirigido por el Dr. Enrique E. Tarifa (Categoría II – UNJu).
- Área disciplinar 3 – subproyecto N° 2 “Optimización de la gestión de cuencas”. Dirigido por la Geól. Susana Chalabe (categoría III – UNJu).
- Área disciplinar 4 – subproyecto N° 3 “Desarrollo de sistemas de supervisión, control y gestión para procesos productivos”. Dirigido por el Ing. Sergio L. Martínez (categoría III – UNJu).

### Introducción

Para tomar una buena decisión, es fundamental contar con información adecuada en cantidad y calidad para realizar un buen diagnóstico. También es necesario contar

con un profundo conocimiento del comportamiento del sistema bajo supervisión para poder plantear alternativas de acción realistas y decidir los mejores cursos de acción. Con estos criterios se enfoca el desarrollo de este proyecto que tiene como objetivo principal el desarrollo de sistemas de soporte a la toma de decisiones (DSS – *Decision Support Systems*) (Turban & Aronson, 2001; Hepting, 2007; Li *et al.*, 2007; Phillips-Wren *et al.*, 2009).

El desarrollo de un DSS requiere del aporte de diversas áreas, como ser: Sistemas Transaccionales (OLTP – *On Line Transaction Processing*), Procesamiento Analítico en Línea (OLAP – *On Line Analytical Processing*), datawarehouse, descubrimiento de conocimiento a partir de bases de datos (KDD – *Knowledge Discover from Data bases*) (Chapman *et al.*, 2000; Hernández Orallo, 2004), simulación (Tarifa *et al.*, 1998; Tarifa *et al.*, 1999), optimización (Reklaitis, 1983; Edgar & Himmelblau, 2001) y teoría de juegos (Tarifa *et al.*, 2006 a-b; Gibbons, 1992; Vega Redondo, 2000) entre otras.

Los DSS son sistemas informáticos interactivos que ayudan a tomar decisiones utilizando datos y modelos para resolver problemas no estructurados. Estos sistemas se componen de una base de datos, una base de modelos, un administrador para cada base y una interfaz de usuario (Turban & Aronson, 2001; Frombo *et al.*, 2009). Las investigaciones y desarrollos planteados para este proyecto contemplan la obtención de datos de sistemas reales, series históricas o simulación, según disponibilidades; por otro lado, se prevé el desarrollo de modelos de simulación y optimización adecuados para el sistema productivo en estudio.

Las actividades planificadas para el presente proyecto están diseñadas para realizar aportes científicos en todas las áreas involucradas mientras se desarrollan las tecnologías necesarias para resolver los problemas que dieron origen al proyecto. Luego, los resultados obtenidos serán transferidos a las industrias, productores y comunidades involucradas, como así también al gobierno de la provincia de Jujuy.

## Líneas de Investigación y Desarrollo

Entre las líneas prioritarias establecidas por la provincia de Jujuy desde el 2005 para los Proyectos Federales de Innovación Productiva (PFIP) se destacan: 1) Manejos de sistemas de Cuencas en la Quebrada de Humahuaca, 2) Innovaciones en el manejo ganadero subtropical y de zonas áridas, 3) Tecnologías de riego para el uso eficiente del agua, 4) Cultivos tradicionales (papa, oca, maíz, quinua, kimicha, yacón), 5) Bio-combustibles.

Por otra parte, el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2006-2010 “Bicentenario” establece la necesidad de impulsar a las siguientes temáticas:

- Competitividad de la Industria y Modernización de sus Métodos de Producción.
- Competitividad y Diversificación Sustentable de la Producción Agropecuaria.
- Agroindustrias y Agroalimentos.
- Medio Ambiente, Tecnologías Limpias y Remediación de la Contaminación Ambiental.

Las citadas líneas prioritarias tienen un elemento en común: la necesidad de tomar decisiones adecuadas tanto a nivel de gestión como a nivel de producción, tanto a nivel gubernamental como a nivel privado.

En este marco, el presente proyecto tiene como objetivo general desarrollar sistemas de apoyo para la toma de decisiones (DSS – *Decision Support Systems*) en procesos productivos, particularmente en plantas químicas, industria de alimentos y actividades productivas vinculadas a cuencas hidrográficas. Por ello, todos los estudios y sistemas que se desarrollan están relacionados directa o indirectamente con las líneas de investigación y temáticas antes mencionadas.

## Objetivos y Resultados

El presente proyecto tiene como objetivo general desarrollar sistemas de apoyo para la toma de decisiones (*decision support system*, DSS) en procesos productivos, es especial en plantas químicas, en la industria de alimentos y actividades productivas

(agropecuaria o ganadera) vinculadas a cuencas hidrográficas.

A continuación se presentan los objetivos asociados a cada subproyecto:

Subproyecto 1. "Optimización del diseño, la operación y la gestión de procesos productivos":

- 1) Optimizar el diseño de procesos productivos.
- 2) Optimizar la operación de procesos productivos.
- 3) Optimizar la gestión de procesos productivos.

Subproyecto 2. "Optimización de la gestión de cuencas":

- 1) Optimizar la gestión de la producción agrícola y ganadera.
- 2) Optimizar la gestión del agua potable y de riego.
- 3) Optimizar el manejo de caudales torrenciales.
- 4) Identificar vulnerabilidades y políticas óptimas de gobierno con la participación de la comunidad.

Subproyecto 3. "Desarrollo de sistemas de supervisión, control y gestión para procesos productivos":

- 1) Desarrollar sistemas de diagnóstico de fallas.
- 2) Desarrollar sistemas predictivos.
- 3) Desarrollar sistemas de control.
- 4) Desarrollar sistemas de supervisión.

Para el grado de desarrollo actual del proyecto, se realizaron diversos trabajos que dieron lugar a transferencias, cursos, presentaciones y publicaciones en congresos nacionales e internacionales y revistas científicas.

### **Publicaciones internacionales**

"Teoría de Juegos aplicada a Políticas Públicas. Caso de Estudio: Bienes Públicos", Strategy & Management Business Review, ISSN: 0718-8714, 2 (1), 25-37, 2011.

"Flexibility Study for a MSF by Monte Carlo Simulation", Expanding Issues in Desalination, Robert Y. Ning (Ed.), ISBN: 978-953-307-624-9, InTech, 2011.

"Planteamiento de elaboración de una Infraestructura de datos espaciales a nivel del

Gobierno Provincial en Jujuy. (Argentina)", II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales. Barcelona. España 2011.

"Derivación de Reglas de Control MIMO para un Controlador Fuzzy sin Conocimiento Experto", Cuarto Simposio Internacional de Investigación, UCSE-DASS. Jujuy, Argentina, 2011.

"Simulación de un Intercambiador de Calor Utilizando Volúmenes Finitos Móviles", Cuarto Simposio Internacional de Investigación, UCSE-DASS. Jujuy, Argentina, 2011.

"Análisis de sensibilidad por simulación del proceso de deshidratación de una planta de acondicionamiento de gas natural", Avances en Ciencias e Ingeniería, ISSN: 0718-8706, aceptado para vol. 3(3), 2012. La Serena, Chile.

"Comparación de Desempeño de Controladores Fuzzy y Controladores Proporcionales", Avances en Ciencias e Ingeniería, ISSN: 0718-8706, vol. 3 (3), 2012.

"Simulación estacionaria de un evaporador doble efecto para jugo de tomate", Avances en Ciencias e Ingeniería, ISSN: 0718-8706, vol. 3 (4), 2012.

"Endulzamiento de Gas Natural con Aminas. Simulación del Proceso y Análisis de Sensibilidad Paramétrico", Avances en Ciencias e Ingeniería, ISSN: 0718-8706, vol. 3 (4), 2012. La Serena, Chile.

### **Publicaciones nacionales**

"Desarrollo de un Sistema de Diagnóstico de Fallas para Equipos de Procesos basado en Estados Anormales Caracterizados", WICC 2011, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Santa Fe, 2011.

"Desarrollo de sistemas de apoyo para la toma de decisiones en procesos industriales", WICC 2011, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Santa Fe, 2011.

"Control neuronal tipo MIMO aplicado a un mezclador de corrientes líquidas", VII Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA, Catamarca, 2011.

"Estudio de flexibilidad de un evaporador doble efecto para jugo de tomate", VII Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA, Catamarca, 2011.



*“Optimización de un evaporador doble efecto para jugo de tomate”*, VII Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA, Catamarca, 2011.

### **Transferencias**

Solicitante y destinatario: YPF. Estudio para la optimización de la red de hidrógeno de la refinería de Luján de Cuyo de YPF (Mendoza, Argentina). Participó el Dr. Enrique E. Tarifa (UNJu, CONICET) y el Dr. Carlos Vera (UNL, CONICET).

Solicitante y destinatario: Universidad Politécnica de Madrid, Dictado del seminario “Técnicas estadísticas de modelización: optimización y sistemas inteligentes”, Madrid, España, 2011.

Solicitante: Secretaria de Planificación, Ministerio de Infraestructura y Producción. Destinatario: Grupo de trabajo del Programa de Riesgos y Desastres. Se integra y coordina el grupo de trabajo provincial para la elaboración de Cuadros de Situación de riesgos y desastres que sirvan de base para la elaboración del Plan estratégico Territorial.

Solicitante: Dirección Provincial de Recursos Hídricos. Destinatario: Sector Hidrología. Se presta asistencia técnica para la recopilación de información histórica de 130 estaciones que registraron datos en determinadas épocas.

### **Formación de recursos humanos**

El equipo de trabajo está formado por profesores, graduados y pasantes de la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNJu, quienes desarrollaron las siguientes actividades en la formación de recursos humanos:

#### **Becas doctorales**

- Ing. Julieta Martínez, con beca postdoctoral de CONICET, desde 2012. En 2012, se doctoró con la tesis doctoral “Desarrollo de modelos de simulación y optimización para la toma de decisión en la gestión de cuencas en la Quebrada de Humahuaca”. Director: Dr. Enrique Tarifa. Se vincula con el proyecto PICTO a

través del subproyecto “Optimización de la gestión de cuencas”.

- Ing. Álvaro F. Núñez, con beca doctoral de la ANPCyT, desde 2009. Cursa el Doctorado Regional en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Facultad de Ingeniería de la UNJu. Tesis doctoral “Simulación, optimización y control de procesos de la industria alimentaria de la región”. Director: Dr. Enrique Tarifa. Se vincula con el proyecto PICTO a través del subproyecto “Optimización del diseño, la operación y la gestión de procesos productivos”.
- Ing. Leonel Benítez, con beca doctoral de CONICET, desde 2011. Cursa el Doctorado en Ingeniería en la Facultad de Ingeniería de la UNSa. Tesis doctoral “Desarrollo de procedimientos óptimos de operación para el sector de ajuste de punto del rocío en plantas de acondicionamiento de gas natural”. Director: Dr. Enrique Tarifa. Se vincula con el proyecto PICTO a través del subproyecto “Optimización del diseño, la operación y la gestión de procesos”.
- Lic. Jorgelina F. Argañaraz. Obtuvo una beca de iniciación de la ANPCyT. Cursa el Doctorado en Ciencias Sociales en la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales de la UNJu. Tesis: “Identificación de vulnerabilidades y políticas óptimas de gobierno con participación de la comunidad en la gestión de Cuencas”. Director: Dr. Omar Jerez. Se vincula con el proyecto PICTO a través del subproyecto “Optimización de la gestión de cuencas”.

#### **Becas en investigación**

- Sr. Marco Antonio Acuña, con beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas, CIN, desde 2011. Título del plan de trabajo “Simulación Estacionaria Avanzada en HYSYS”. Se vincula con el proyecto PICTO a través del subproyecto “Desarrollo de sistemas de supervisión, control y gestión para procesos productivos”.
- Srta. María Gabriela Franco, con beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas,

CIN, desde 2011. Título del plan de trabajo "Estudios y análisis de las Vulnerabilidades y elementos expuestos al riesgo utilizando sistemas de información geográficos". Directora: Susana A. Chalabe. Se vincula con el proyecto PICTO a través del subproyecto "Optimización de la gestión de cuencas".

- Sr. Farid Astorga, con beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas, CIN, desde 2011. Título del plan de trabajo "Catalogador de Metadatos como servicio CSW del Geoportal IDE-UGICH basado en normas OGC e ISO". Directora: Susana A. Chalabe. Se vincula con el proyecto PICTO a través del subproyecto "Optimización de la gestión de cuencas".

### Conferencias

"A 25 años del desastre nuclear en Chernobyl", IX Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología, 16 de junio de 2011, Facultad de Ingeniería (UNJu), auspiciada por la ANPCyT, UNJu, 2011.

"Accidentes en Plantas Químicas", Asociación Jujeña de Estudiantes de Ingeniería Química (A.J.E.I.Q.), 20 de octubre de 2011, Facultad de Ingeniería, UNJu, 2011.

### Referencias

Chapman P., Clinton J., Kerber R., Khabaza T., Reinartz T., Shearer C., Wirth R., "CRISP-DM 1.0: Step-by-step data mining guide", *SPSS White paper* - technical report CRISPWP-0800, SPSS Inc., 2000.

Edgar, T.F. and Himmelblau D.M., "Optimization of Chemical Processes", 2° edition, *McGraw-Hill*, New York, 2001.

Frombo F., Minciardi R., Robba M., Sacile, R., "Decision support system for planning biomass-based energy production", *Energy*, (34) 362–369, 2009.

Gibbons R., "A Primer in Game Theory", *Prentice Hall*, London, 1992.

Hepting D.H., "Decision support for local environmental impact assessment", *Envi-*

*ronmental Modelling & Software*, Volume 22, Issue 4, 436–441, 2007.

Hernández Orallo J., Ramírez Quintana J., Ferri Ramírez C., "Introducción a la Minería de Datos", *Ed. Prentice Hall*, España, 2004.

Li J.Q., Borenstein D., Mirchandani P.B., "A decision support system for the single-depot vehicle rescheduling problem", *Computers & Operations Research*, Volume 34, Issue 4, 1008–1032, 2007.

Phillips-Wren G., Mora M., Forgionne G.A., Gupta J.N.D., "An integrative evaluation framework for intelligent decision support systems", *European Journal of Operational Research*, (195) 642–652, 2009.

Reklaitis G.V., Ravindran A., Ragsdell K.M., "Engineering Optimization - Methods and Applications", *John Wiley & Sons*, New York, 1983.

Tarifa E., Humana D., Madregal S., Cayo N., "Módulos para Capacitación en Tecnología", *III Congreso Internacional de (Tele) Informática Educativa*, Santa Fe. 1999.

Tarifa E.E., Battezzati M.V., Verazay A.R.N., "Juego Comercio - Ampliación del duopolio de Cournot mediante simulación", *II Jornadas de Ciencia y Tecnología del NOA*, Catamarca, Argentina, ISBN 987-9170-60 1, vol II, 542–547, 2006 (a).

Tarifa E.E., Battezzati M.V., Verazay A.R.N., "Juego Comercio - Determinación de puntos de equilibrios por simulación", *II Jornadas de Ciencia y Tecnología del NOA*, Catamarca, Argentina, ISBN 987-9170-60 1, vol II, 536–541, 2006 (b).

Tarifa E.E., Humana D., Vázquez G., Franco S., Scenna N.J., "Simulación Dinámica en Tiempo Real. Pasteurizador HTST", UNJu, Jujuy. 1998.

Turban E., Aronson J.E., "Decision Support Systems And Intelligent Systems", sixth edition, *Prentice Hall*, New Jersey, 2001.

Vega Redondo F., "Economía y Juegos", *Antoni Bosh*, Barcelona, 2000.